华南国家植物园植物引种及迁地保育

谢丹[1,2]，张奕奇[1,2]，任海[1,2]，宁祖林[1,2*]，廖景平[1,2]

（1. 中国科学院华南植物园，广州 510650；2. 华南国家植物园，广州 510650）

摘要：基于华南国家植物园的植物引种和存活记录，分析了其植物引种、存活以及专类园物种保育情况。结果如下：（1）自 1956 年以来，共引种维管植物 19 154 种 99 亚种 136 变种（80 597 号），隶属 325 科 3 952 属，现存活 11 581 种 52 亚种 80 变种（24 352 号），隶属 290 科 2 777 属；引种记录涉及国家重点保护野生植物 565 种（现存活 421 种），覆盖了华南地区国家一级重点保护野生植物物种的 95%（36/38，存活 29 种）、国家二级重点保护野生植物物种的 76.4%（269/352，存活 229 种）以及受威胁植物物种的 54.3%（547/1 008，存活 414 种）；（2）从引种地域看，引自广东省的植物最多（7 193 号 2 523 种），其次为海南（3 658 号 1 593 种）、广西（4 744 号 1 559 种）等周边省份，另通过与全球 61 个国家的引种交换，获取了一些同纬度区域的珍贵植物资源；（3）木兰园等 14 个以植物类群为单位进行迁地保育的专类园区在引种数量及存活率方面整体处于较高的水平；（4）物种存活数量和引种频次相关性极显著（$r = 0.85$***）；（5）华南地区自然分布物种的引种存活率高于其他地区。未来，华南国家植物园在植物迁地保护工作中应注意：（1）在调查、编目、评估和研究的基础上，强化热带亚热带地区珍稀濒危植物、本土植物和经济植物的引种收集，进一步提高迁地保护的数量和质量；（2）建立华南地区植物迁地保护网络体系，有效保护区域内植物多样性；（3）进一步完善迁地保育基础设施建设和信息化管理水平，提升迁地保护效率；（4）加强国际科研合作和物种交换。

关键词：植物园, 迁地保护, 维管植物, 植物引种, 存活

Plant introduction and *ex-situ* conservation in South China National Botanical Garden

XIE Dan[1,2], ZHANG Yiqi[1,2], REN Hai[1,2], NING Zulin[1,2*], LIAO Jingping[1,2]

（1. *South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences,* Guangzhou 510650, China; 2. *South China National Botanical Garden*, Guangzhou 510650, China）

Abstract: Based on the analysis of introduction and survival records, this paper reports the status of introduction, survival, and *ex-situ* conservation of plant species in the South China National Botanical Garden (SCNBG). The results show that: (1) A total of 19 154 species, 99 subspecies and 136 varieties (80 597 accession number) of vascular plants belonging to 325 families and 3 952 genera have been introduced since 1956, of which 11 581 species, 52 subspecies and 80 varieties (24 352 accession number) belonging to 290 families and 2 777 genera are surviving currently; the introduction records include 565 species of National Key Protected Wild Plants (421 species survived), covering 95% (36/38) of the first-class National Key Protected Wild Plants (29

基金项目：广东省重点领域研发计划资助（2022B1111230001, 2022B1111040003）。

第一作者：谢丹（1995-），博士，工程师，主要从事生物多样性保护和植物分类学研究，（E-mail）1925986345@qq.com。

*通信作者：宁祖林，博士，高级工程师，主要从事植物迁地保育与资源利用研究，（E-mail）ningzulin@163.com。

species survived), 76.4%（269/352）of the second-class National Key Protected Wild Plants (269 species survived), and 54.3%（547/1 008）threatened species (414 species survived) in South China; (2) The most species are introduced from Guangdong Province (7 193 accession numbers, 2 523 species), followed by Hainan Province (3 658 accession numbers, 1 593 species), Guangxi Province (4 744 accession numbers, 1 559 species) and other surrounding provinces; the SCNBG has obtained some precious plant resources from the same latitude regions by introducing and exchanging species with 61 countries around the world; (3) 14 specialized gardens for *ex-situ* conservation based on plant taxa (e.g. Magnolia Garden) show a high level in terms of introduction quantity and survival rate; (4) The correlation between the number of surviving species and the frequency of introduction is extremely significant (r = 0.85***); (5) The survival rate of introduced species distributed naturally in South China is higher than that in other provinces. In the future, the SCNBG needs to strengthen the *ex-situ* conservation of plants through following points: (1) On the basis of investigation, cataloguing, evaluation and research, strengthen the introduction and collection of rare and endangered plants, native plants, and economically important plants in tropical and subtropical regions, further improving the quantity and quality of *ex-situ* conservation; (2) Establish an *ex-situ* conservation network system for plants in South China to effectively protect plant diversity in this region; (3) Improve the infrastructure and information management system of *ex-situ* conservation for higher efficiency; (4) Enhance international scientific research cooperation and species exchange.
Key words: botanical garden, *ex-situ* conservation, vascular plants, plant introduction, survival

植物资源是全球生物多样性的核心组成部分，是人类社会和经济可持续发展的物质基础。植物对于地球上的生命而言是必不可少的，它们不仅提供了人类生存所必需的食物、药物、纤维以及能源，同时还参与了气候调节、土壤肥力改善以及空气和水的净化等生态过程（任海，2017; Mounce et al., 2017; Ren et al., 2019）。然而，受生境退化、物种入侵、过度采伐以及气候变化等因素的影响，植物正在以高于其自然灭绝速率 500 倍丧失，全球约 40%的植物物种处于受威胁状态（Humphreys et al., 2019; Antonelli et al., 2020; Zhao et al., 2022），中国有 15%~20%的物种面临灭绝风险（Ren et al., 2019）。目前，大量受威胁物种仍未受到足够的保护，全球的植物多样性保护不容乐观（Balding & Williams, 2016; Roberson et al., 2020）。

植物迁地保护是生物多样性保护的重要途径，与就地保护相辅相成，不仅能弥补就地保护的局限性，还可为物种野外灭绝事件的发生提供至关重要的备份（Oldfield & Newton, 2012; Cavender et al., 2015; 文香英和陈红锋，2022）。植物园和树木园（以下统称植物园）作为开展植物迁地保护的重要场所和机构，在植物迁地保护中发挥着重要作用，对全球植物多样性保护做出了重要贡献（Heywood, 2017; Breman et al., 2021）。目前，全球 1 193 个植物园已完成了对全球 1/3 高等植物（活植物和种子）的迁地收集（文香英和陈红锋，2022）。我国 160 个植物园共迁地保育维管植物 23 340 种（含种下等级），其中本土植物近 2 万种（黄宏文和张征, 2012）。为进一步加强植物多样性保护，习近平总书记在联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会领导人峰会上宣布："本着统筹就地保护与迁地保护相结合的原则，启动北京、广州等国家植物园体系建设"，开启了我国植物多样性保护新篇章。

活植物收集是植物园的核心和"灵魂"（黄宏文等，2015）。如何提高植物迁地保护效率是植物园迁地保护的关键问题。邱园、爱丁堡植物园、阿诺德树木园等国际著名植物园及中国科学院下属植物园（如华南植物园、武汉植物园、西双版纳热带植物园等）都非常注重活植物引种收集，并制定有活植物引种收集规划以及科学的植物多样性保护发展战略（任海和段子渊，2017; 黄宏文，2018）。为厘清我国植物园迁地保育现状和规范植物引种收集与迁地保育管理，科研人员开发了中国植物园活植物信息管理系统（PIMS），建立了植物园活植

物管理数据库，编撰出版《中国植物园标准体系》（黄宏文等，2019），并编写了规范的引种收集和活植物管理操作规程。由于不同气候条件会形成不同的植物区系，在开展植物迁地保护时除了考虑植物遗传多样性，还需充分考虑气候和土壤条件的相似性。当前，我国正在部署建立不同地理区域及气候带的国家植物园体系，以构建植物迁地保护网络体系，从而提高迁地保护效率。然而，我国植物园依然存在迁地保育家底不清，引种档案数据信息缺失等问题，尚缺乏有关植物园引种与保育效率的系统研究。

华南国家植物园（华南园，SCNBG）地处广州市东北郊，位于北纬 23°10′，东经 113°21′，属南亚热带季风气候，夏季高温多雨、相对湿度大，冬季温暖少雨、湿度较小，年均气温 21.8 ℃，极端高温 38.0 ℃，极端低温 0 ℃，年均降雨量 1 600~1 800 mm。所在区域是我国最具代表性常绿阔叶林的核心分布区，地理位置得天独厚，水热条件极为优越，植物多样性丰富。华南园立足华南，长期致力于全球热带亚热带植物引种收集与迁地保育工作，历经 60 余年的引种和栽培保育，积累了较为齐全的引种和保育档案数据资料。本研究通过整理华南园自 1956 年以来积累的植物引种和存活数据，对植物引种、存活以及专类园物种保育情况进行分析，解析当前植物迁地保育现状和存在的不足，以期为华南园以及其他植物园制定植物引种和迁地保育策略提供参考，提高植物园迁地保护质量和效率。

1 数据与方法

本研究所涉及的数据主要为华南园历年引种记录（1959—2022 年）和园区物种存活记录（2014—2015 年集中清查，之后陆续有更新），同时整合中国植物图像库（PPBC, http://ppbc.iplant.cn/）收录的园区植物信息（含自然分布）。对收集数据按照如下流程进行处理：（1）删除引种记录中的变型、品种以及杂交种（变型、品种和杂交种不纳入本文后续分析）；（2）查阅 Plants of the World Online (POWO, https://powo.science.kew.org/) 对名称进行规范和统一；（3）对于物种及其种下单位同时存在的情况，删除种下单位所涉及的亚种和变种以避免重复统计；（4）将引种来源归为野外引种、植物园交换、赠送和购买四类，其中购买和赠送类别不纳入后续分析；（5）补充和规范引种地信息，国外引种精确到国家并以英文记录，国内引种精确到省并以中文记录，所有机构单位均以全称的方式进行记录。（6）依照《国家重点保护野生植物名录》（鲁兆丽等，2021）和《中国高等植物受威胁物种名录》（覃海宁等，2017）对物种的保护等级和受威胁等级进行补充。经过上述处理后，最终获得了 80 597 条引种记录（登录号）和 24 352 条物种存活记录（登录号）。基于获取的引种和物种存活记录，对华南园植物引种、存活以及专类园区物种保育情况进行分析。

2 结果与分析

2.1 植物引种情况

对华南园 80 597 条引种记录进行统计分析发现：鉴定到种及种下一级的引种记录约占总记录的 74.3%（59 905 条），其中鉴定到种一级的为 59 512 条，亚种一级的为 169 条，变种一级的为 224 条；另外还有 13.4%（10 771）的引种记录鉴定到属一级和 7.3%（5 881）的引种记录鉴定到科一级；剩余 5%（4 040）的引种记录尚未被鉴定。鉴定力度不足的记录中缺乏详细引种信息的有 2 055 条，引自国外的引种记录有 4 209 条。这些记录中材料类别以小苗（9 748 条，69.7%）和种子/孢子（2 781 条，19.9%）为主，其余类别仅占比 10.4%（1 450 条）。已鉴定的引种记录涉及 325 科 3 952 属 19 154 种 99 亚种 136 变种，其中蕨类植物 36 科 133 属 795 种 4 亚种 2 变种，裸子植物 11 科 65 属 333 种 3 变种，被子植物 278 科 3 754 属 18 026 种 95 亚种 131 变种（表 1）。已鉴定引种记录中，引种物种数量最多的科

是兰科（Orchidaceae）1 086 种，其次为豆科（Fabaceae）1 015 种、仙人掌科（Cactaceae）835 种（表 2）。从属的角度来看，引种物种数量排列前三的属依次为球兰属（*Hoya*, 237 种）、石斛属（*Dendrobium*, 162 种）和桉属（*Eucalyptus*, 161 种）（表 3）。

表 1 华南国家植物园引种/存活物种现状

Table 1 Current status of vascular plants introduction and survival in South China National Botanical Garden

类别 Category	科 Family		属 Genus		种 Species		亚种 Subspecies		变种 Variety	
	引种 Introduction	存活 Survival	引种 Introduction	存活 Survival	引种 Introduction	存活 Survival	引种 Introduction	存活 Survival	引种 Introduction	存活 Survival
蕨类植物 Pteridophyta	36	35	133	104	795	519	4	1	2	1
裸子植物 Gymnospermae	11	10	65	50	333	157	-	-	3	-
被子植物 Angiospermae	278	245	3 754	2 623	18 026	10 905	95	51	131	79
合计 Total	325	290	3 952	2 777	19 154	11 581	99	52	136	80

表 2 华南国家植物园引种/存活物种前十的科

Table 2 Ten most speciose families of plant introduction and survival in South China National Botanical Garden

科 Family	引种 Introduction	科 Family	存活 Survival
兰科 Orchidaceae	1 086	仙人掌科 Cactaceae	752
豆科 Fabaceae	1 015	兰科 Orchidaceae	639
仙人掌科 Cactaceae	835	夹竹桃科 Apocynaceae	467
夹竹桃科 Apocynaceae	594	豆科 Fabaceae	465
棕榈科 Arecaceae	586	景天科 Crassulaceae	410
菊科 Asteraceae	561	禾本科 Poaceae	395
禾本科 Poaceae	544	凤梨科 Bromeliaceae	302
景天科 Crassulaceae	467	菊科 Asteraceae	274
凤梨科 Bromeliaceae	430	姜科 Zingiberaceae	265
桃金娘科 Myrtaceae	415	棕榈科 Arecaceae	252

表 3 华南国家植物园引种/存活物种前十的属

Table 3 Ten most speciose genera of plant introduction and survival in South China National Botanical Garden

属 Genus	引种 Introduction	属 Genus	存活 Survival
球兰属 *Hoya*	237	球兰属 *Hoya*	212
石斛属 *Dendrobium*	162	木兰属 *Magnolia*	147
桉属 *Eucalyptus*	161	大戟属 *Euphorbia*	120
大戟属 *Euphorbia*	154	铁兰属 *Tillandsia*	112
秋海棠属 *Begonia*	152	石斛属 *Dendrobium*	104
木兰属 *Magnolia*	150	乳突球属 *Mammillaria*	102
石豆兰属 *Bulbophyllum*	135	报春苣苔属 *Primulina*	93
报春花属 *Primula*	134	石莲花属 *Echeveria*	89
铁兰属 *Tillandsia*	130	石豆兰属 *Bulbophyllum*	83
芦荟属 *Aloe*	120	芦荟属 *Aloe*	80

引种记录共涉及《国家重点保护野生植物名录》中 565 种，其中国家一级重点保护野生植物 73 种，国家二级重点保护野生植物 492 种。引种记录覆盖了华南地区（广东、广西、海南、香港、澳门）分布的国家一级重点保护野生植物的 94.7%（36/38），国家二级重点保护野生植物物种的 76.4%（269/352）。此外，引种记录还涵盖了华南地区受威胁植物的 54.3%（547/1 008），其中极危（CR）67 种、濒危（EN）182 种和易危（VU）298 种。

基于 59 505 条（19 389 种，含亚种及变种）鉴定到种及种下一级的引种记录，对物种的引种频次（一个登录号记为 1 次）进行统计发现，86.9%（16 853 种）的维管植物引种次数少于 5 次，其中仅引种 1 次的物种高达 52.5%（10 170 种），引种 2 次的占比为 16.7%（3 241 种），引种次数在 50 次以上的物种共有 35 种，其中引种次数超过 100 次的物种有 14 种（图 1）。引种次数最多的物种是大王椰（*Roystonea regia*），高达 230 次；其次为杧果（*Mangifera indica*）207 次和人面子（*Dracontomelon duperreanum*）173 次（表 4）。

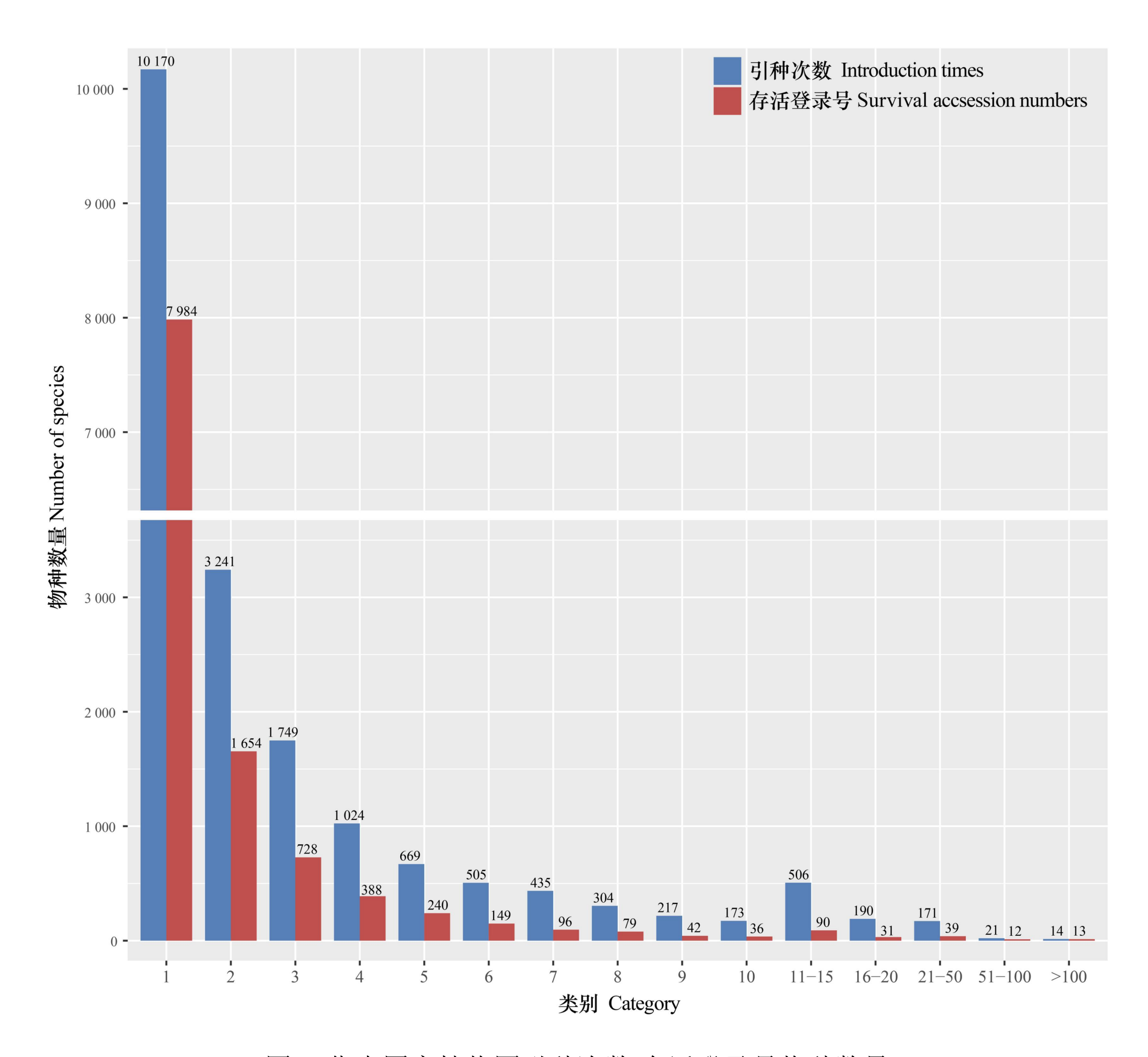


图 1 华南国家植物园引种次数/存活登录号物种数量

Fig. 1 Number of species with introduction times/surviving accession numbers in South China National Botanical Garden

表 4 华南国家植物园引种/存活数量前十的物种

Table 4 Ten most speciose species of plant introduction and survival in South China National Botanical Garden

学名 Scientific name	引种 Introduction	学名 Scientific name	存活 Survival
大王椰 *Roystonea regia*	230	大王椰 *Roystonea regia*	219
杧果 *Mangifera indica*	207	人面子 *Dracontomelon duperreanum*	171
人面子 *Dracontomelon duperreanum*	173	天桃木 *Mangifera persiciforma*	142
天桃木 *Mangifera persiciforma*	150	杧果 *Mangifera indica*	138
东京油楠 *Sindora tonkinensis*	130	东京油楠 *Sindora tonkinensis*	130
柚木 *Tectona grandis*	127	菜王棕 *Roystonea oleracea*	118
菜王棕 *Roystonea oleracea*	126	柚木 *Tectona grandis*	117
黄蝉 *Allamanda schottii*	121	蒲葵 *Livistona chinensis*	117
蒲葵 *Livistona chinensis*	119	肖蒲桃 *Syzygium acuminatissimum*	114
肖蒲桃 *Syzygium acuminatissimum*	119	黄婵 *Allamanda schottii*	109

2.2 迁地保育情况

华南园现迁地栽培和保育维管植物 290 科 2 777 属 11 581 种 52 亚种 80 变种（21 746 号），其中蕨类植物 35 科 104 属 519 种 1 亚种 1 变种，裸子植物 10 科 50 属 157 种，被子植物 245 科 2 623 属 10 905 种 51 亚种 79 变种（表 1）。存活物种数量最多的科为仙人掌科 752 种，其次为兰科 639 种和夹竹桃科（Apocynaceae）467 种（表 2）。引种存活率在 50%以上的科有 208 个，其中引种存活率达 100%的科有 37 个，如刺戟木科（Didiereaceae）和睡菜科（Menyanthaceae）分别引种 8 个物种和 7 个物种，均迁地保育成功。引种存活率在 50%以下的科有 117 个，迁地保育不成功的科有 35 个，其中林仙科（Winteraceae）引种 13 次，收集该科植物 9 种，均未存活；刺莲花科（Loasaceae）和双扇蕨科（Dipteridaceae）引种次数分别为 7 次和 10 次，引种物种数量为 4 种，也均未保育成功。引种物种数量排名前三的属依次为球兰属 212 种、木兰属（*Magnolia*, 147 种）和大戟属（*Euphorbia*, 120 种）（表 3）。引种存活率在 50%以上的属有 2 394 个，其中引种存活率为 100%的属有 1 374 个。引种失败的属共有 1 175 个，其中木麻黄科（Casuarinaceae）异木麻黄属（*Allocasuarina*）引种 16 种、柏科（Cupressaceae）美洲柏木属（*Hesperocyparis*）引种 13 种以及棕榈科（Arecaceae）水柱椰属（*Hydriastele*）引种 10 种，均未存活。物种存活数量与引种频次相关性极显著（$r = 0.85$, $p < 0.001$, 图 2）。现存登录号最多的物种为大王椰（219 号），与其引种次数最多相一致；其次为人面子 171 号和天桃木 142 号。成功迁地保育国家重点保护野生植物 421 种，其中国家一级重点保护野生植物 58 种（华南地区有分布的 29 种），国家二级重点保护野生植物 363 种（华南地区有分布的 229 种）。成功迁地保育华南地区受威胁植物共 414 种，占该区域分布受威胁植物总数的 41.1%，其中极危物种 49 种、濒危物种 135 种和易危物种 230 种。

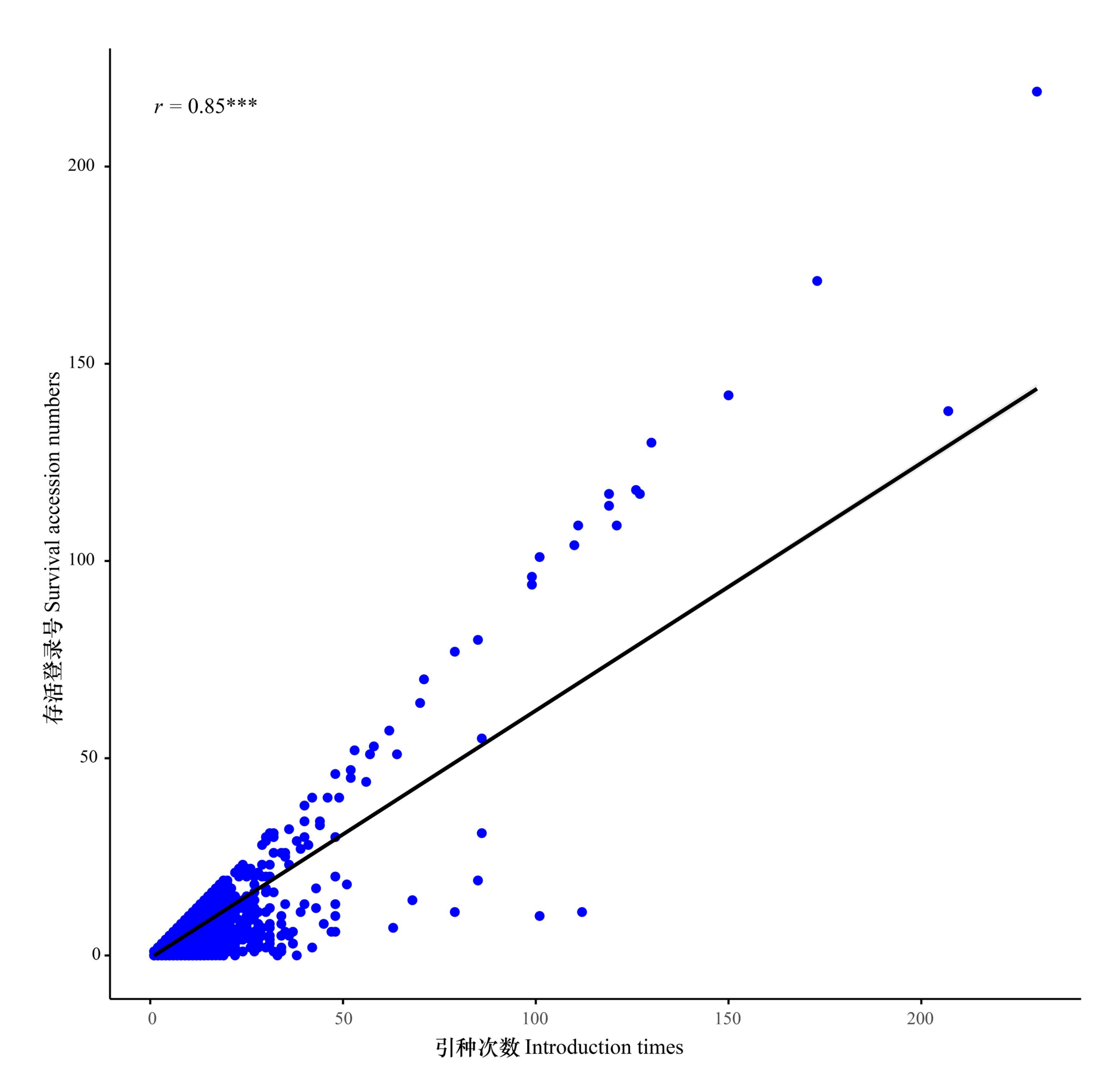


图 2 华南国家植物园引种存活登录号与引种次数相关关系

Fig. 2 Correlation between survival accession numbers and introduction times in South China National Botanical Garden

2.3 历年引种与专类园建设

华南园建于 1956 年，先后进行了五次规划调整，历经了创建探索期（1956—1966，建设专类园 10 个）、恢复拓展期（1973—1987，建设专类园 10 个）、稳定维护期（1988—2002，建设专类园 6 个）、跨越发展期（2003—2021，建设专类园 12 个）四个时期，共建设专类园 38 个；自 2022 年起，正式迈入国家植物园建设时期，拟建专类园 4 个。建园至今，通过野外采集、植物园交换、机构或个人赠送以及购买等方式开展了系统的引种。对 61 664 条记录有详细引种日期的引种信息进行分析发现，探索建园前期（1957—1962）仅有零星引种，后期（1963—1966）快速发展并于 1964 年形成了一个小高峰（引种 1 555 号），这一时期共引种 4 788 号；1967—1972 年进入了短暂的停滞期；恢复拓展期引种数量飞速上升，年度引种次数在 1 000 次上下波动，仅 1986、1987 年引种数量较少，这一时期共引种 13 397 号；稳定维护前期（1988—1992）仅有少量引种且年度引种次数大多少于 100 次，后期引种次数缓慢上升并于 2001 年形成了一个小高峰（引种 1 708 次），这一时期共引种 7 158 号；自 2003

年进入跨越发展期以来，年度引种次数多在 1 500 次以上并有 6 次超过 2 500 次，其中 2004、2011 和 2010 年分别以引种 3 480、3 411 和 3 026 次位居前三，这一时期共引种 34 414 号（图 3）。

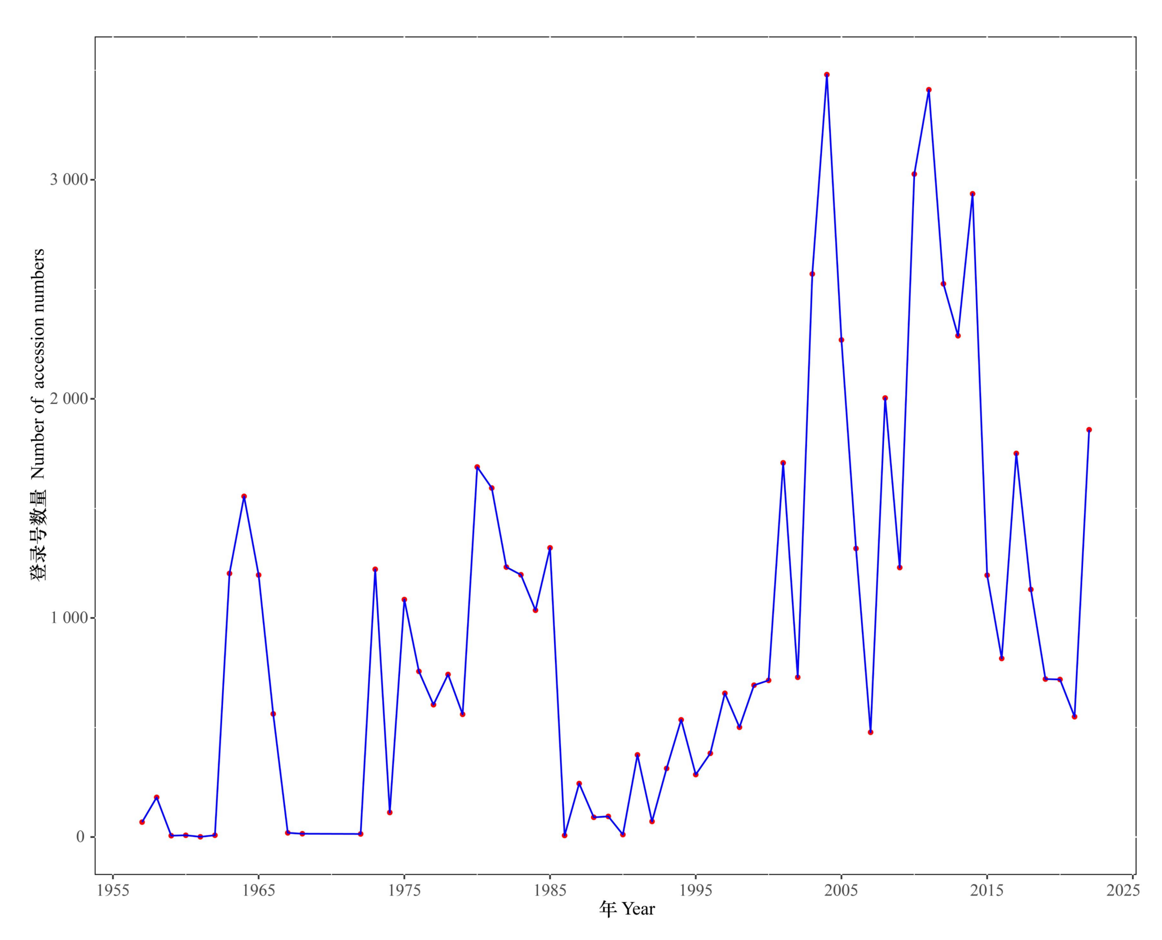


图 3 华南国家植物园历年引种的登录号数量

Fig. 3 Number of accession numbers in different years in South China National Botanical Garden

现有的38个专类园区以及拟建的4个专类园区中有14个是以植物类群为单位进行植物迁地保育，分别为：棕榈园、竹园、木兰园、兰园、苏铁园、裸子植物区、姜园、山茶园、杜鹃园、露兜园、樟科植物区、壳斗科植物区、紫金牛植物区和豆科植物专类园（拟建）。通过对这14个专类园区所涉及植物类群的引种/存活物种数和存活率的统计发现（表5），除棕榈科（43%）、豆科（45.8%）和裸子植物（46.7%）外，其余专类园区所涉及植物类群的引种存活率均在50%以上，其中木兰科的引种存活率高达98.1%，其次为樟科和竹亚科（Bambusoideae），两者引种存活率均为75.3%。引种/存活物种数最多的为兰科（1 166号720种），其次为豆科（1 015号465种），与这两个类群观赏价值高、物种数量多密切相关。露兜树科是引种/存活物种数最少的类群，其次诸如山茶科（Theaceae）、杜鹃花科（Ericaceae）、樟科（Lauraceae）以及壳斗科（Fagaceae）等大科，引种/存活物种数较之《中国植物志》和 *Flora of China* 中记载的我国现有物种数量尚存在较大的差距。拟提升为国际一流专类园区的四个专类园（药园不纳入统计分析）所涉及的木兰科、姜科和竹亚科引种/存活物种数和存活率均较高，对国内分布物种的覆盖度也较高。

表5 华南国家植物园专类园区引种/存活的物种数量

Table 5 Number of introduced and surviving species in the Specialized Garden of South China National Botanical Garden

类群 Group	引种物种数 Number of introduced species	存活物种数 Number of surviving species	存活率（%） Survival rate
兰科 Orchidaceae	1 086	639	58.9
豆科 Fabaceae	1 015	465	45.8
棕榈科 Arecaceae	586	252	43.0
竹亚科 Bambusoideae	600	452	75.3
姜科 Zingiberaceae	366	265	72.4
裸子植物 Gymnospermae	336	157	46.7
樟科 Lauraceae	251	189	75.3
杜鹃花科 Ericaceae	227	114	50.2
壳斗科 Fagaceae	166	106	63.9
木兰科 Magnoliaceae	155	152	98.1
山茶科 Theaceae	100	75	75.0
苏铁类 Cycads	96	69	71.9
紫金牛属 Ardisia	66	57	86.4
露兜树科 Pandanaceae	13	8	61.5

2.4 引种来源分析

国内引种次数（野外引种类别）多的省份均位于我国南方地区，涉及引种记录 28 691 号，7 173 种。其中，广东省引种（登录）号数（7 193 号）和物种数量（2 523 种）均位居第一，其次为云南省（5 838 号，2 068 种）；广西壮族自治区引种号数位居第三（4 744 号），物种数位居第四（1 559 种）；而海南省则相反，虽然引种号数（3 658 号）低于广西，但物种数（1 593 种）却略高于广西（表 6）。从植物交换机构来看，国内交换植物号数和物种数量前三的机构为中国科学院西双版纳热带植物园（1 262 号，571 种）、中国科学院昆明植物园研究所（635 号，409 种）和中国科学院植物研究所（551 号，388 种）（表 7）。

国外引种地涉及 61 个国家，共记录引种信息 5 428 条，涵盖物种 1 802 种。其中引种次数超过 100 次的国家共有 12 个（东南亚国家 6 个，南美洲和北美洲国家各 2 个，非洲和南半球国家各 1 个）。引种次数最多的国家是越南，引种 1 061 次，其次为秘鲁 807 次和印度尼西亚 683 次。引种物种数最多的国家是印度尼西亚（430 种），其次为美国（296 种）和泰国（178 种）（表 6）。国外交换数量（登录号）最多的机构为澳大利亚阿德莱德植物园（Adelaide Botanic Garden, 202 号）、其次为美国的仙童热带植物园（Fairchild Tropical Botanic Garden, 187 号）和英国皇家植物园（邱园）（Royal Botanic Gardens Kew, 157 号），而交换物种数量前三的则为仙童热带植物园（160 种）、阿德莱德植物园（157 种）和邱园（126 种）（表 7）。

表 6 华南国家植物园从国内/国外引种物种数量前十的省份/国家

Table 6 Top ten provinces/countries which introduced the greatest number of species by South China National Botanical Garden at home and abroad

省份 Province	引种号/物种数 Introduction records/species	国家 Country	引种号/物种数 Introduction records/species
广东 Guangdong	7 193/2 523	越南 Vietnam	1 061/192
云南 Yunnan	5 838/2 068	秘鲁 Peru	807/63
广西 Guangxi	4 744/1 559	印度尼西亚 Indonesia	683/430
海南 Hainan	3 658/1 593	美国 United States	495/296
湖南 Hunan	1 791/595	泰国 Thailand	378/178
福建 Fujian	1 122/390	马来西亚 Malaysia	325/101
江西 Jiangxi	1 056/536	澳大利亚 Australia	310/118
湖北 Hubei	796/640	新加坡 Singapore	190/138
四川 Sichuan	621/288	柬埔寨 Cambodia	144/23
西藏 Xizang	521/167	巴西 Brazil	141/85

表 7 华南国家植物园与国内/国外交换物种数量前十的机构

Table 7 Top ten countries/provinces which exchanged the greatest accession numbers with South China National Botanical Garden at home and abroad

中国各省份 Provinces in China	机构 Institution	交换号/物种数 Exchange number/ species	其他国家 Other countries	机构 Institution	交换号/物种数 Exchange number/ species
云南 Yunnan	中国科学院西双版纳热带植物园 XiShuangBanNa Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences	1 262/751	澳大利亚 Australia	阿德莱德植物园 Adelaide Botanic Garden	202/157
云南 Yunnan	中国科学院昆明植物研究所 Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences	635/409	美国 United States	仙童热带植物园 Fairchild Tropical Botanic Garden	187/160
北京 Beijing	中国科学院植物研究所 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences	551/388	英国 United Kingdom	英国皇家植物园（邱园） Royal Botanic Gardens (Kew)	151/126
湖北 Hubei	中国科学院武汉植物园 Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences	547/318	印度尼西亚 Indonesia	茂物植物园 Bogor Botanic Gardens	149/110
福建 Fujian	厦门园林植物园 Xiamen Botanical Garden	542/321	泰国 Thailand	东芭乐园 Nong Nooch Tropical Botanical Garden	148/94
广西 Guangxi	广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所 Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences	482/306	澳大利亚 Australia	英皇公园和植物园 Kings Park and Botanic Garden	135/88
广东 Guangdong	深圳市仙湖植物园 Shenzhen Fairy Lake Botanical Garden	459/279	斯里兰卡 Sri Lanka	佩拉德尼亚王家植物园 Royal Botanical Gardens, Peradeniya	133/115
浙江 Zhejiang	杭州植物园 Hangzhou Botanical Garden	423/304	澳大利亚 Australia	布里斯班城市植物园 Brisbane Botanic Gardens	121/98
广西 Guangxi	广西壮族自治区药用植物园 Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plants	356/248	德国 Germany	柏林—达勒姆植物园和植物博物馆 Berlin-Dahlem Botanical Garden and Botanical Museum	119/107
上海 Shanghai	上海植物园 Shanghai Botanical Garden	341/267	以色列 Israel	耶路撒冷植物园 Jerusalem Botanical Gardens	114/83

2.5 引种存活率分析

结合《中国植物志》（中国植物志编辑委员会，1959—2004）、*Flora of China* (Wu et al., 1989—2013)、《中国生物物种名录：第一卷 植物》（中国科学院生物多样性委员会，2013—2018）以及 Plant of world online (POWO, https://powo.science.kew.org/)记载的物种自然分布数据，对园区引种的 19 389 种维管植物物种存活率与自然分布地的关系进行分析（图 4），结果表明：国外分布物种的引种存活率在 51%左右，而国内分布物种的引种存活率在 65.8%以上，且随着物种自然分布省份数量的增加，物种引种存活率逐渐提升且稳定在 75%左右。对狭域分布物种（国内仅一个省有自然分布的物种）的引种存活率进行分析，发现广东省引种物种存活率最高，为 79.1%（125/158），其次为广西 77.6%（187/241）和海南 73.1%（261/357），引种存活率最低的为新疆 22.3%（21/94）（表 8）。整体而言，华南地区自然分布物种的引种存活率明显高于其他地区自然分布的物种，且物种自然分布地相距越远，引种存活率越低。

此外，以引种省份为单元，通过对 6 108 条记录完整、来源清晰、鉴定准确的引种信息对物种引种存活率与引种来源地的关系进行分析，结果表明：湖北省以 71.7%（137/191）的物种存活率位居首位，其次为贵州省 69.7%（46/66）和福建省 59.4%（126/212）；然而，华南地区的广东省、海南省和广西壮族自治区分别以 41.7%（1 040/2 484）、33.7%（265/786）和 31.7%（155/489）的存活率位居第 6，第 8 和第 10 位（表 9）。对这些省份的历年引种植物的死亡和存活情况进行统计（图 5），结果可以看出湖北、贵州和福建三个省份引种存活率高的原因在于这些区域的引种事件多发生在近十年左右，这可能与引种保育条件改善和管护水平提高有关；而华南地区三个省份由于物种引种的时间跨度大，引种基数大，部分物种因引种时间较长，管理不当而死亡，因此物种存活率处于较低的水平。

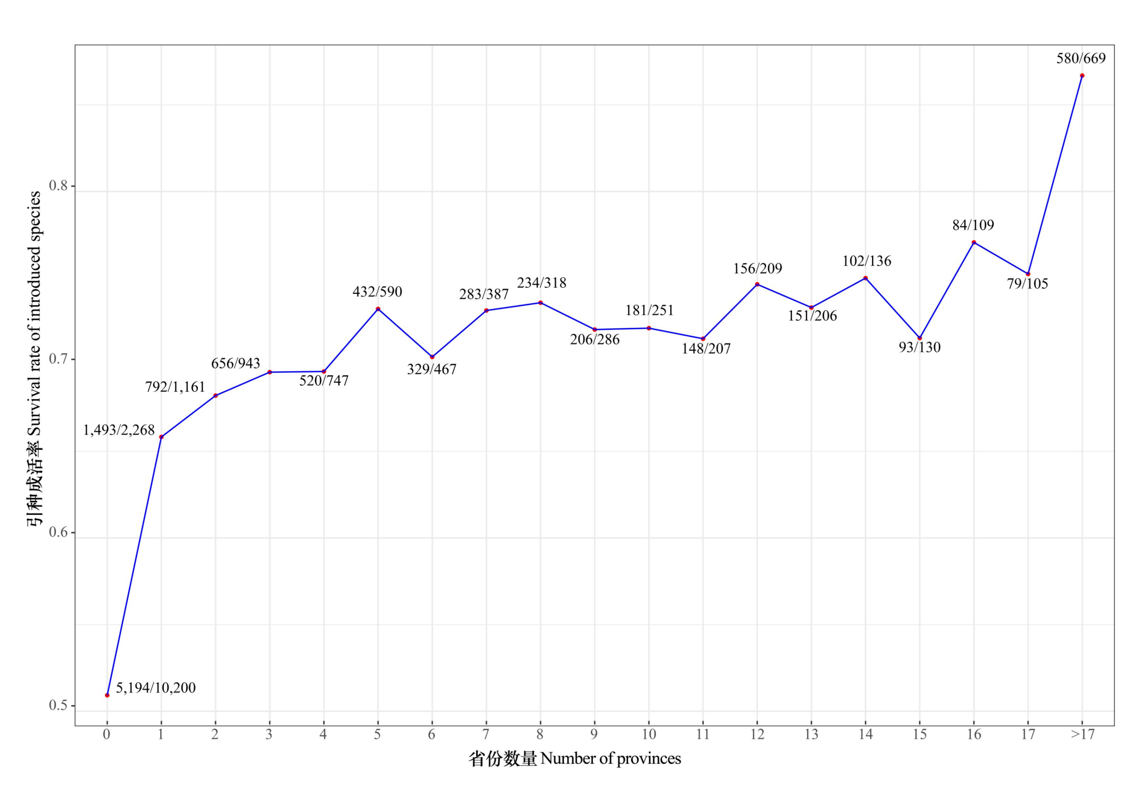


图 4 华南国家植物园引种存活率与物种自然分布省份数量的关系

Fig. 4 Relationship between species survival rate and the number of provinces where introduced species are distributed naturally in South China National Botanical Garden

表 8 华南国家植物园引种存活率与自然分布地的关系

Table 8 Relationship between survival rate and natural distribution of introduced species in South China National Botanical Garden

省份 Province	引种 Introduction	存活 Survival	存活率（%） Survival rate
广东省 Guangdong	158	125	79.11
广西省 Guangxi	241	187	77.59
海南省 Hainan	357	261	73.10
云南省 Yunnan	893	593	66.41
台湾省 Taiwan	169	101	59.76
四川省 Sichuan	79	39	49.37
西藏自治区 Xizang	117	55	47.01
新疆维吾尔自治 Xinjiang	94	21	22.34

注：仅展示引种登录号大于 50 的省份。下同。

表 9 华南国家植物园引种存活率与引种地的关系

Table 9 Relationship between species survival rate and introduced provinces in South China National Botanical Garden

省份 Province	引种 Introduction	存活 Survival	存活率 Survival rate （%）
湖北省 Hubei	191	137	71.73
贵州省 Guizhou	66	46	69.70
福建省 Fujian	212	126	59.43
湖南省 Hunan	425	195	45.88
云南省 Yunnan	765	350	45.75
广东省 Guangdong	2494	1040	41.70
四川省 Sichuan	202	75	37.13
海南省 Hainan	786	265	33.72
江西省 Jiangxi	478	159	33.26
广西壮族自治区 Guangxi	489	155	31.70

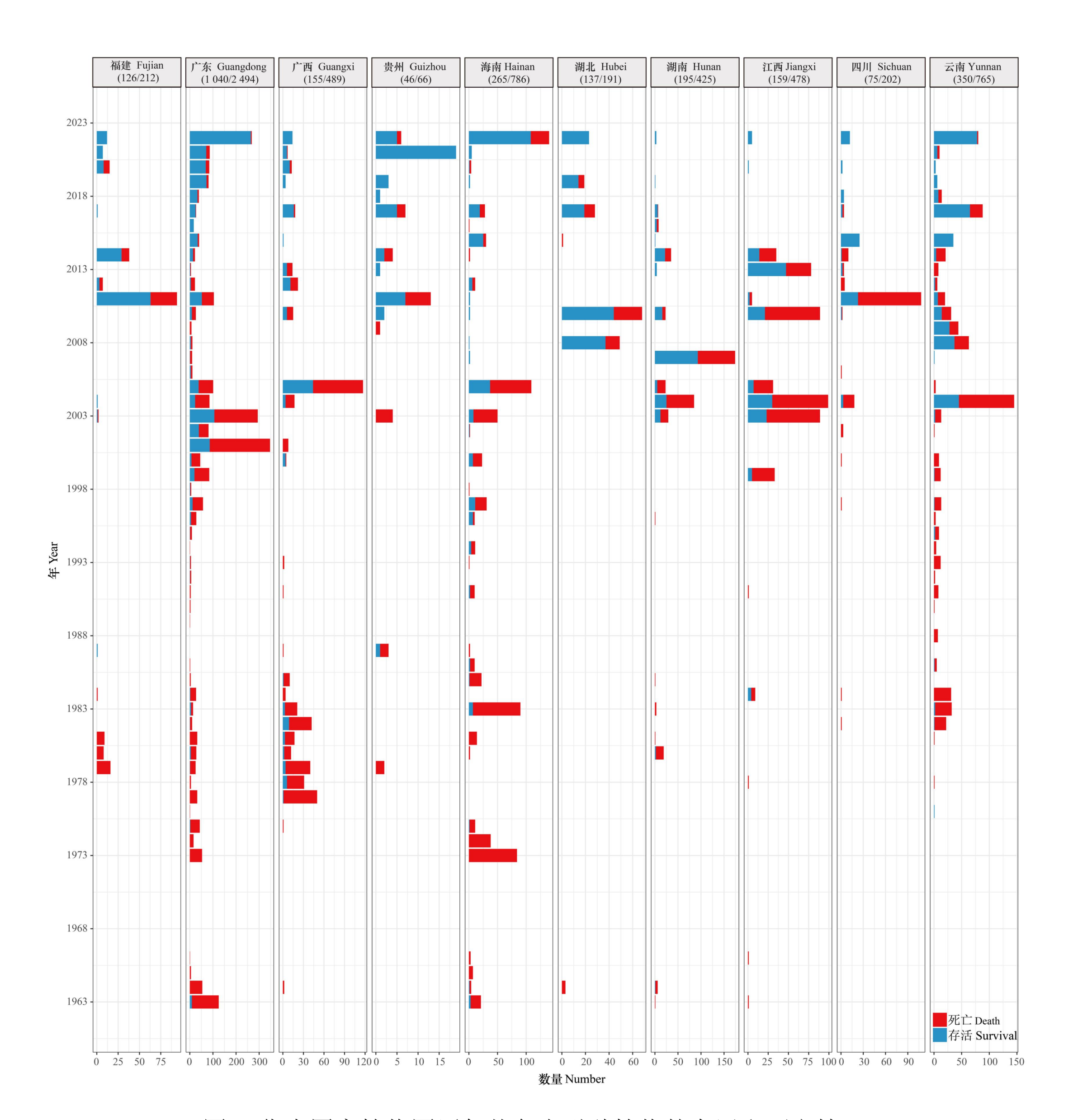


图 5 华南国家植物园历年从各省引种植物的存活和死亡情况

Fig. 5 Survival and death of introduced plants from different provinces in South China National Botanical Garden over the years

3 讨论

植物园的使命目标和园区规划方案在很大程度上会对阶段性植物引种产生影响。华南园探索建园期和稳定维护期的主要任务为野生植物资源的开发利用和引种驯化，这两个阶段年度引种数量处于较低的水平。恢复拓展期和跨越发展期则着重于专类园区建设、植物引种和珍稀濒危植物繁育，这两个阶段年度引种长期处于较高的水平。在引种地域上，华南园秉持立足华南，致力于全球热带亚热带地区的植物保育、科学研究和知识传播的使命。国内引种，以广东省为核心，辐射海南、广西、湖南和江西等周边省区，重点对我国南方亚热带和热带地区进行物种收集和迁地保育。同时，也加强了与国外的物种交换，覆盖了除南极洲以外的六大洲，获取了一些来自墨西哥、缅甸以及印度等同纬度地区的珍贵植物资源，并与东南亚国家有着密切的物种交换。华南园在珍稀濒危植物迁地保育上扮演着重要角色，目前已成功迁地保育国家重点保护野生植物 421 种，其中国家一级重点保护野生植物 58 种（华南地区有分布的 29 种），国家二级重点保护野生植物 363 种（华南地区有分布的 229 种）；成功迁

地保育华南地区受威胁植物共 414 种，占该区域分布受威胁植物总数的 41.1%，其中极危物种 49 种、濒危物种 135 种和易危物种 230 种。重点关注的引种类群多为观赏价值高的类群，而存活数量多的类群多为分布地域广、环境适应能力强的类群。大部分物种引种次数过少，少部分物种处于过度引种的状态，过度引种的植物多为园区的景观树种或行道树种。不同类群植物引种存活率整体处于较高的水平。园区现有和拟建专类园所涉及的植物类群物种保育数量较为可观。

尽管华南园已经实现了万余种植物的迁地保育，但仍存在一些不足之处。园区存在较多未鉴定的引种登录号，这与引种材料多为种子和小苗，缺乏相应的鉴别性状有一定的关系。认识植物是保护和利用植物的第一步，加强对园区植物的鉴定是亟待解决的问题。其次，以往引种的重点主要集中在观赏价值高的类群或物种，而对于 3E 植物：特有植物（Endemic）、经济植物（Economic）以及珍稀濒危植物（Endangered）的关注度尚显不够。然而，3E 植物不仅是植物园优先引种收集的对象，同时也是未来重点研究的目标（任海等，2022；文香英和陈红锋，2022）。现有和拟建的专类园区中露兜园、山茶园、杜鹃园、樟科植物区以及壳斗科植物区物种引种及保育尚存在较大的缺口，下一步应当注重这些类群的收集。部分对于岭南气候适应能力较差的类群（杜鹃花科、松柏类植物）和物种存活率低的类群，应当注重栽培技术的提高、栽培设施的改进和野外自然条件的模拟。对于引种及存活数量均过多的类群（如大王椰、杧果及人面子等），应该避免这些物种的持续引种。加强与同纬度国家以及东南亚等周边国家的引种交流，提高园区植物引种的多样性。此外，还需要重视国家重点保护野生植物及受威胁植物的引种、迁地保育和野外回归，充分发挥国家植物园的迁地保育功能。

4 展望

在华南国家植物园建设过程中，要进一步加强植物迁地保护工作，特别要注意（1）加强基于活植物收集的调查、编目、评估和研究，强化热带亚热带地区珍稀濒危植物、本土植物和经济植物的引种收集，增加重点类群、适应性强的类群和具有良好科研基础类群的研究性收集，兼顾核心种质、特色观赏和生态修复与林果药及农作物野生近缘物种等经济植物战略性收集，进一步提高迁地保护的数量和质量；（2）围绕重点收集类群，开展相关的生态生物学特性研究、植物多样性形成与维持机制、种群和生态系统恢复等研究，进而开展植物资源的可持续利用技术攻关，为高质量发展提供新品种或进行野外回归，再将引种、保育、科研和开发过程中的高端信息科普化；（3）走出华南园，建立华南地区植物迁地保护网络体系，并与国家公园和各级自然保护区建立迁地和就地保护体系，有效保护区域内植物多样性；（4）进一步完善迁地保护基础设施建设和信息化管理水平，提升迁地保护效率。此外，我们还应通过高水平研究和可持续利用统筹发挥迁地保护的多种功能作用，高效推进国家植物园体系建设发展。

参考文献

ANTONELLI A, FRY C, SMITH RJ, et al., 2020. State of the world's plants and fungi 2020 [M]. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew.

BALDING M, WILLIAMS KJ, 2016. Plant blindness and the implications for plant conservation [J]. Conserv Biol, 30(6): 1192-1199.

Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences, 2013-2018. Species Catalogue of China: Volume 1 Plants [M]. Beijing: Sciences press. [中国科学院生物多样性委员会，2013-2018. 中国生物物种名录：第一卷 植物 [M]. 北京：科学出版社.]

BREMAN E, BALLESTEROS D, CASTILLO-LORENZO E, et al., 2021. Plant diversity conservation challenges and prospects - the perspective of botanic gardens and the millennium seed bank [J]. Plants-Basel, 10(11): 2371.

CAVENDER N, WESTWOOD M, BECHTOLDT C, et al., 2015. Strengthening the conservation value of *ex situ* tree collections [J]. Oryx, 49(3): 416-424.

Flora Reipublicae Popularis Sinicae Editorial Committee, 1959–2004. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press. [中国植物志编辑委员会, 1959–2004. 中国植物志 [M]. 北京：科学出版社.]

HEYWOOD, 2017. The future of plant conservation and the role of botanic gardens [J]. Plant Divers, 39(6): 309-313.

HUANG HW, ZHANG Z, 2012. Current status and prospects of ex situ cultivation and conservation of plants in China [J]. Biodivers Sci, 20(5): 559-571. [黄宏文，张征，2012. 中国植物引种栽培及迁地保护的现状与展望 [J]. 生物多样性，20(5)：559-571.]

HUANG HW, DUAN ZY, LIAO JP, et al., 2015. The impacts and scientific significance of plant introduction and domestication on the history of human civilization in the past 500 years [J]. Chin Bull Bot, 50: 280-294. [黄宏文，段子渊，廖景平，等，2015. 植物引种驯化对近 500 年人类文明史的影响及其科学意义 [J]. 植物学报，50(3)：280-294.]

HUANG HW, 2018. "Science, art and responsibility": The scientific and social function changes of a 500-year history of botanical gardens. II. Intension of sciences [J]. Biodivers Sci, 26(3): 304-314. [黄宏文，2018. "艺术的外貌、科学的内涵、使命的担当"—植物园 500 年来的科研与社会功能变迁（二）：科学的内涵 [J]. 生物多样性，26(3)：304-314.]

HUANG HW, LIAO JP, ZHANG Z, 2019. A standard system of Botanical garden in China [M]. Beijing: Science press. [黄宏文，廖景平，张征，2019. 中国植物园标准体系 [M]. 北京：科学出版社.]

HUMPHREYS AM, GOVAERTS R, FICINSKI SZ, et al., 2019. Global dataset shows geography and life form predict modern plant extinction and rediscovery [J]. Nat Ecol Evol, 3: 1043-1047.

LU ZL, QIN HN, JIN XH, et al. 2021. On the necessity, principle and process of updating the List of National Key Protected Wild Plants [J]. Biodivers Sci, 29(12), 1577–1582. [鲁兆丽，覃海宁，金效华，等，2021. 《国家重点保护野生植物名录》调整的必要性、原则和程序 [J]. 生物多样性，29(12), 1577–1582.]

MOUNCE R, SMITH P, BROCKINGTON S, 2017. *Ex situ* conservation of plant diversity in the world's botanic gardens [J]. Nat Plants, 3: 795-802.

OLDFIELD S, NEWTON A, 2012. Integrated conservation of tree species by botanic gardens: A reference manual [M]. Richmond: Botanic Gardens Conservation International.

QIN HN, YANG Y, DONG SY, et al., 2017. Threatened Species List of China's Higher Plants [J]. Biodivers Sci, 25(7): 696–744. [覃海宁，杨永，董仕勇，等，2017. 中国高等植物受威胁物种名录 [J]. 生物多样性，25(7)：696–744.]

REN H, 2017. The role of botanical gardens in reintroduction of plants [J]. Biodivers Sci, 25(9): 945-950. [任海，2017. 植物园与植物回归 [J]. 生物多样性，25(9)：945-950.]

REN H, DUAN ZY, 2017. The theory and practice of classical botanical garden construction, 2nd edition [M]. Beijing: Science Press. [任海，段子渊，2017. 科学植物园建设的理论与实践（第二版）[M]. 北京：科学出版社.]

REN H, QIN HN, OUYANG ZY, et al., 2019. Progress of implementation on the Global Strategy for Plant Conservation in (2011–2020) China [J]. Biol Conserv, 230: 169-178.

REN H, WEN XY, LIAO JP, et al., 2022. The view on functional changes of botanical gardens and the establishment of China's national botanical garden system [J]. Biodivers Sci, 30(4): 22113. [任海，文香英，廖景平，等，2022. 试论植物园功能变迁与中国国家植物园体系建设 [J]. 生物多样性，30(4)：22113.]

ROBERSON ER, FRANCES A, HAVENS K, et al., 2020. Fund plant conservation to solve biodiversity crisis [J]. Science, 367(6473): 258.

WEN XY, CHEN HF, 2022. Botanical gardens and *ex situ* conservation of the wild plant species [J]. Biodivers Sci, 30(1): 22017. [文香英，陈红峰，2022. 植物园与野生植物迁地保护 [J]. 生物多样性，30(1)：22017.]

WU ZY, RAVEN PH, HONG DY, 1989–2013. Flora of China [M]. Beijing: Science Press & St. Louis: Science Press & Missouri Botanical Garden Press.

ZHAO X, CHEN H, WU JY, 2022. *Ex situ* conservation of threatened higher plants in Chinese botanical gardens [J]. Glob Ecol Conserv, 38: e02206.